



# TRANSFERT DE TECHNOLOGIE EN AGRICULTURE

MADRPM/DERD

• Novembre 2004 •

PNTTA

## Eléments d'aide au Raisonement de l'échantillonnage du sol en parcelle agricole

### SOMMAIRE

n° 122

Fertilisation

- Epoque d'échantillonnage..... p.1
- Choix de l'unité d'échantillonnage..... p.2
- Outils et profondeur de prélèvement..... p.2
- Répartition des prélèvements..... p.3
- Conseils pratiques de mise en oeuvre..... p.4

### Introduction

Au Maroc, une certaine expérience en matière d'échantillonnage de sol existe, mais peu de littérature pour en formaliser la procédure complète a été publiée.

Le but de ce bulletin est de présenter une synthèse sur le sujet, alliant éléments agronomiques, statistiques et de recherches disponibles dans le contexte marocain, afin d'aider le praticien à mieux raisonner l'échantillonnage, depuis le moment où il a été décidé de procéder au prélèvement, jusqu'à la remise de l'échantillon au laboratoire pour analyse.

### Nécessité de la prise en compte du système de culture et du type de sol

L'espace de terrain, concerné par le projet d'échantillonnage, est composé de plusieurs parcelles, de différents types de sol et de différents systèmes de culture (grandes cultures, cultures maraîchères, agrumes, vigne, ... etc.).

Du point de vue agronomique, les recommandations d'engrais ne peuvent confondre entre eux des types de sol différents ou des systèmes de culture différents. Il s'en suit alors que le nombre potentiel de sous espaces à prendre en considération pour réaliser l'échantillonnage du sol est donné par le tableau cartésien type de sol x système de culture.

L'expérience montre que la subdivision de l'espace est plus importante pour l'arboriculture, où le raisonnement du choix de l'unité d'échantillonnage peut être poussé, au sein d'un même système de culture global, jusqu'à la variété ou la porte greffe, que pour la grande culture où la rotation de plusieurs espèces est souvent traitée comme un tout.

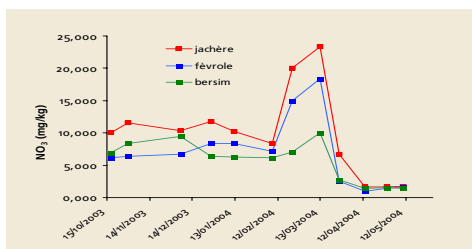


Figure 1: Variabilité de l'azote nitrique en sol nu derrière plusieurs précédents culturaux

D'une manière générale, dans un terroir agricole de superficie réduite, il est peu probable que tous les types de système de culture soient présents, en même temps, dans tous les types de sol. De même, au moment de l'échantillonnage, certains espaces peuvent être non concernés par l'objectif poursuivi. Si bien qu'en définitive, dans la pratique, le nombre réel d'espaces devant faire l'objet de la prospection, peut être largement inférieur au nombre théorique.

### Epoque d'échantillonnage

En matière d'échantillonnage du sol, c'est l'objectif poursuivi qui détermine l'époque de prélèvement. Un contrôle d'azote peut être ponctuel et dicté par le besoin de connaître le niveau du sol en cet élément autour d'un stade crucial (tallage pour le blé, sortie du régime pour le bananier, formation du bouton pour le rosier) ou continu et dicté par le besoin d'un suivi plus soutenu des changements d'états de l'élément dans le milieu, dans un but soit agronomique (établissement des courbes de minéralisation/réorganisation, figure 1), soit environnemental (identification des périodes à haut risque de pollution par migration de nitrates).

L'époque de prélèvement est parfois repoussée à cause du climat (difficulté d'obtenir un échantillon représentatif sur sol détrempé). De même, les résultats d'analyse du sol sont biaisés si l'échantillonnage est réalisé juste après un apport massif d'amendements ou de matières fertilisantes (fumier, calcaire, engrais), d'où la nécessité d'attendre 2 à 3 mois.

D'autres paramètres de fertilité que les nitrates, subissent des variations saisonnières. Le pH par exemple, a tendance à baisser légèrement en été par suite de production d'acides (nitrique, humique, carbonique) due à l'activité biologique intense à cette période, et à augmenter en hiver, par dilution de la solution du sol, sous l'effet de la pluie. Pour le potassium échangeable, la mesure réalisée en été donne un résultat systématiquement différent de la mesure de printemps (Figure 2).

Si un nouvel échantillonnage doit être refait, avec comme objectif la comparaison, il y a lieu d'éliminer de l'analyse l'effet additionnel du à la saison, en prélevant toujours à la même époque.

Au Maroc, les temps réels de réponse des laboratoires d'analyse sont assez longs par rapport aux exigences admises (2 à 3 mois contre 2-4 semaines). Impératifs de délai obligent, pour l'analyse complète dite de base (granulométrie, bases échangeables, azote, phosphore, oligo-éléments, salinité, capacité d'échange), la campagne de prélèvement doit toujours commencer tôt si l'on veut être au rendez vous, en vue de l'interprétation et la commande d'engrais pour les cultures.

En Bour, la sécheresse et l'absence de culture font de l'été une période caractéristique (avec conditions de milieu reproductibles), particulièrement indiquée pour l'échantillonnage en vue d'analyses de base pour les cultures d'automne. Pour l'irrigué, la période importe peu, à la condition de toujours revenir à la même époque et de pouvoir disposer de l'analyse à temps.

Lorsque les délais ne constituent pas une contrainte, la règle est que la meilleure époque de prélèvement se situe avant les

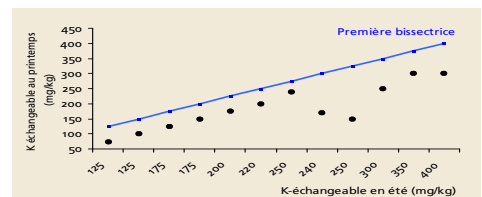


Figure 2: Effet de l'époque de prélèvement sur la teneur en potassium échangeable du sol



fumures et derrière une culture exigeante (telle une betterave); le but final, étant de remettre au sol, ce qu'il a perdu comme éléments minéraux à la suite d'une forte récolte épuisante.

Au Maroc, avec les petites structures d'analyse existantes, il faudrait s'efforcer au moins à ce que les résultats des échantillons, prélevés en été, soient disponibles avant les fumures d'automne, et ceux prélevés en automne, avant les fumures de printemps.

## Choix de l'unité d'échantillonnage

Une analyse complète (subvention déduite) coûte environ 560 Dh. Les impératifs de coût économique obligent; dans une grande exploitation agricole très morcelée, il n'est pas toujours possible de tout échantillonner. Quelques unités seulement, dites de référence, feront l'objet de prélèvement par groupe homogène de parcelles (sol, culture, conduite,...). Leurs résultats d'analyses seront ensuite utilisés pour élaborer un plan de fumure commun pour tout le groupe. C'est la procédure utilisée pendant longtemps au Maroc par la SASMA pour traiter les agrumes: regroupement par type de sol, variété, âge et type de conduite.

Dans la nature, l'hétérogénéité de fertilité n'est pas forcément corrélée à l'importance de l'aire de la parcelle et aucune donnée figée ne peut être avancée dans l'absolu, quant à la superficie de référence à prendre pour une unité d'échantillonnage.

Dans certains pays comme le Canada, sans en expliciter les raisons dans le document de travail, les services de l'Etat fixent l'unité d'échantillonnage à 5ha, et en cas de grand terrain, à une superficie maximale de 10 ha.

Au Maroc, des parcelles de plus de 40 ha présentent parfois une fertilité d'une homogénéité remarquable en ce qui concerne le potassium, du fait d'une pédogenèse homogène et d'une histoire culturale homogène, alors que dans d'autres situations (sol de maraîchage, parcelle pâturée, fertilisation localisée), de petites parcelles de moins de un ha, peuvent présenter une importante hétérogénéité.

Sur le terrain, il faut allier bon sens, données sur le sol, sur la culture et observations visuelles *in situ*, pour fixer une unité d'échantillonnage. Dans un verger d'agrumes, composé de plusieurs variétés, le critère tête de liste pour opérer le regroupement sera incontestablement la variété, le critère de second degré obligatoire sera le type de sol, le troisième l'âge, le porte greffe ou la densité afin de constituer des groupes aussi homogènes que possible.

Une fois l'unité choisie, l'homogénéité réelle est ensuite vérifiée sur place (homogénéité de sol) et par enquête auprès du propriétaire (homogénéité d'histoire culturale récente, de productivité,...).

Vu sous un angle de coût économique, dans le contexte marocain, en système de grande culture intensif, des unités d'une aire de l'ordre de 10 ha justifient tout à fait l'analyse (56 Dh/ ha

tous les 3-5 ans). Cette superficie peut être ramenée à des unités plus petites de l'ordre de l'ha, voire de quelques ares en cas de cultures en bandes ou sous serres, à fort produit brut (fleur coupée, bananier, tomate ...).

## Outil de prélèvement

D'habitude, le prélèvement de sol est réalisé au moyen d'une tarière agricole, d'une sonde ou d'une canne. Au Maroc, dans un but promotionnel (de l'analyse), on peut tolérer provisoirement que le prélèvement soit fait à l'aide d'outils non conçus en principe dans ce but, telle une pelle, une bêche ou une sape. Par contre, il faut éviter de prélever le sol à la main.

Dans un essai ayant porté sur la comparaison d'une tarière hélicoïdale (Carotte de longueur de 18 cm et de diamètre de 5 cm) et d'une sape de taille moyenne (longueur de 25 cm, largeur de 15 cm), réalisé à Meknès, les résultats obtenus montrent l'existence d'un effet significatif "outil", du vraisemblablement à la différence de forme entre les deux outils. La sape, utilisée surtout en raison de sa maniabilité aisée en sol meuble, donne des chiffres systématiquement supérieurs, aussi bien en ce qui concerne la richesse moyenne (tableau 1) qu'en ce qui concerne la variabilité correspondante. Dans le cas précis de cette terre homogène, les coefficients de conversion pour le potassium ont été de 1.03 pour la couche arable et 1.08 pour le sous sol par rapport à la tarière. Un tel résultat suggère que, pour opérer convenablement des comparaisons périodiques, de ne pas changer d'outil entre deux prélèvements successifs.

## Profondeur de prélèvement

C'est l'épaisseur réelle susceptible d'être exploitée par les racines qui doit dicter l'épaisseur de sol à échantillonner. Celle-ci ne doit être évaluée ni par excès ni par défaut, sinon le système interpréteur sera induit en erreur au moment du choix du coefficient de modulation pour tenir compte de la profondeur du terrain.

Un tel choix n'est pas sans susciter des interrogations en cas de présence d'obstacles physiques dans le profil (semelle de labour) ou de successions de cultures ou s'alternent espèces à enracinement profond (colza, féverole) et espèces à enracinement superficiel (bersim, ray gras). Dans les terrains herbagers de type prairie permanente (moins importants au Maroc), il ne faut pas excéder la profondeur du tapis racinaire de 5-10 cm.

En sol peu profond, telle une rendzine, le prélèvement sera limité à la couche superficielle (10/15 cm). L'analyse du substrat très calcaire et stérile sous-jacent, ne présente en général aucun intérêt. Inversement, dans un sol profond, travaillé normalement (charrue, chisel) et portant une culture annuelle à enracinement normal (céréales, betterave, ...), il faut réaliser un premier prélèvement dans la couche superficielle, où se déroule l'essentiel de l'activité racinaire (0-20; 0-30 cm), et un second prélèvement dans le sous-sol (20-40; 30-50 cm). Le fond du labour est souvent utilisé comme repère pour le choix de la profondeur.

D'une manière générale, l'analyse du sous sol n'est pas une obligation (du moins en grande culture), puisque d'un point de vue fertilité



chimique, souvent couche arable et sous-sol sont l'un à l'image de l'autre. Par contre, la corrélation positive sol/sous-sol n'est plus vraie dès lors que le terrain est soumis à une fertilisation excessive de surface ou lorsque la formation pédologique est constituée d'une couche de surface sableuse pauvre, reposant sur un horizon argileux fertile.

L'exemple typique au Maroc est fourni par les sols argileux ensablés des Doukkala. Dans ce cas, une attention particulière doit être portée au sous-sol si l'on veut interpréter correctement le résultat d'analyse.

Dans le cas d'un verger en place, il faut compléter le prélèvement à la tarière par des échantillons spécifiques prélevés dans le profil, réalisé autour des racines des arbres. Pour la vigne, la couche du sol à prélever se situe entre 20 et 50 cm. C'est dans cette partie du sol que la densité en racines est généralement la plus forte. Les quelques racines situées dans la couche 0 à 20 cm n'ont qu'une importance très limitée dans l'alimentation minérale de la plante.

Des protocoles spéciaux sont également utilisés si le travail est réalisé à des fins de recherche. C'est le cas du suivi de la lixiviation des éléments mobiles comme les nitrates.

## Nombre d'échantillons

En pratique, toutes les analyses sont déterminées sur un seul et même échantillon dit composite ou moyen, constitué en fin d'échantillonnage en mélangeant entre eux l'ensemble des prélèvements élémentaires d'une même parcelle. A l'évidence, c'est l'élément dont la répartition est la plus hétérogène dans le sol, qui va fixer le nombre de prélèvements à réaliser pour

Tableau n°1: Comparaison des résultats d'analyse entre échantillons prélevés à la tarière agricole et échantillons prélevés à la sape

Type d'outils	K- échangeable (mg/kg)		P-citrique (mg/kg)	
	Sol	Sous sol	Sol	Sous sol
Tarière	429	300	74	34
Sape	443	323	79	36

constituer l'échantillon moyen.

D'après les résultats disponibles au Maroc, il faut prélever entre 10 et 20 échantillons pour se faire une idée précise du coefficient de variation (CV) en ce qui concerne l'azote, le phosphore et le potassium.

Plus le nombre de prélèvements est élevé plus la précision sur l'analyse s'améliore (figure 3).

En sol physiquement homogène (visiblement uniforme à l'œil nu) et n'ayant pas fait l'objet d'apport récent hétérogène de fertilisants (d'après l'enquête au champ), le coefficient de variation minimal de référence pour déterminer le nombre de prélèvements peut être considéré égal à 7 % en ce qui concerne P et K. Par contre, ce CV devient important (15%) lorsque le sol est hétérogène ou rendu hétérogène par des modalités spéciales d'apport de fertilisants (en bande, localisé) ou d'exploitation du terrain (culture intercalée avec des arbres et fertilisée différemment, rebouchage de trous d'arrachage avec forte remontée de sous sol).

Le CV est aussi fonction de la profondeur. Il est en général plus élevé en sous sol qu'en surface et est différent selon le critère considéré (toutes choses égales, en terre homogène de grande culture, la répartition de l'azote nitrique dans le sol semble plus hétérogène que celle du pH, de la matière organique, P, K...).

En outre, le nombre de prélèvements par parcelle doit tenir compte du coût économique et de la pénibilité du travail à la tarière, en particulier en sol sec. Ainsi, pour allier exigences théoriques et contraintes pratiques, les résultats de recherches disponibles conduisent à la nécessité d'un minimum de 10-15 prélèvements élémentaires en parcelle à pédogenèse homogène et 20- 30 en parcelle hétérogène.

## Répartition des prélèvements au sein de la parcelle

Dans une parcelle, il y a un nombre infiniment grand de possibilités de répartir les vingtaines de points, couramment réalisés pour prélever le sol. En théorie, pour des variables analytiques non structurées spatialement et réparties normalement, les sondages peuvent être distribués au sein de la parcelle selon n'importe quel plan d'échantillonnage. Dans la pratique, il a été démontré que la répartition des éléments est parfois une distribution en "poches", de ce fait, l'aire réelle à prospecter doit être suffisamment grande pour pouvoir représenter la parcelle. La vieille méthode, dite ponctuelle, consistant à échantillonner une petite pièce limitée de quelques m<sup>2</sup> (figure 4) pour évaluer la fertilité du sol, est à proscrire.

Le parcours le plus souvent recommandé pour réaliser le prélèvement est soit le zigzag, le long des diagonales, en lignes parallèles, ou en étoile à partir du centre dans le cas des pivots.

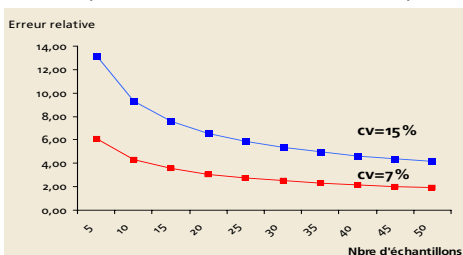


Figure 3: Variation de la précision en fonction du nombre d'échantillons prélevés dans une parcelle agricole

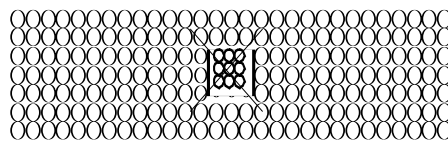


Figure 4: Méthode ponctuelle d'échantillonnage de sol consistant à prélever dans un seul coin de la parcelle d'apparence homogène (à proscrire)

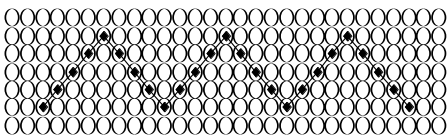


Figure 5: Mode d'échantillonnage en zigzag dont le but est la prospection intégrale de la parcelle

De tels modes de répartition (Figure 5), ne sont que des cas particuliers d'un échantillonnage aléatoire. Leur avantage pratique est par contre d'obliger le préleveur à visiter les divers coins de la parcelle.

## Périodicité

Pour décider de la périodicité des analyses, il faut faire la distinction entre le groupe de paramètres de fertilité à évolution lente, à moyen ou à long terme, et les paramètres susceptibles d'évolution rapide à une échelle de temps très courte. A moins de les modifier par des apports massifs exogènes de matière (rajout de sable, de chaux, de fumier...), des caractéristiques du sol comme la granulométrie, la capacité d'échange cationique, le calcaire total, le calcaire actif, ...évoluent très peu ou pas à une échelle agronomique (de l'ordre d'une ou plusieurs décennies) et n'ont pas besoin d'être déterminées à chaque fois.

Dans les sols suffisamment tamponnés avec des bilans (Apports-Exportations) en éléments minéraux équilibrés et dans les zones arides à productivité faible et aléatoire, P et K n'évoluent pas beaucoup non plus à moyen terme (moins de 5 ans).

Les états de fertilités sont par contre susceptibles d'évolutions plus rapides pour certains éléments comme l'azote en sols sableux peu tamponnés, et en conditions de systèmes de cultures intensifs avec des bilans d'éléments minéraux constamment déséquilibrés (enrichissement ou épuisement permanent). C'est ce qui avait été constaté dans le périmètre irrigué des Doukkala par suite d'utilisation d'engrais de type N-2P-K (14-28-14C, 13-26-13) riches en phosphore et pauvre en potassium. Après 30 ans, il a été constaté que les sols se sont fortement enrichis en P et appauvris en K. La fertilité du sol vis à vis du P, K, Mg, Ca, est susceptible de changement brutal en cas d'apport massif pour des objectifs de redressement rapide. De même que des changements à courte échéance sont possibles pour des minéraux nocifs comme le chlore (Cl) ou le sodium (Na) en cas d'irrigation avec de l'eau très salée, en particulier en sol lourd et en l'absence de pluie ou d'une gestion appropriée de lixiviation des sels (lessivage).

C'est pour l'azote minéral que d'importantes variations quantitatives dans le sol sont possibles, à des échelles très courtes de temps (de l'ordre de la journée, voire moins), même en l'absence de fertilisation.

D'une manière générale, hormis les prélèvements ponctuels dévoués à des contrôles des états hydriques, d'azote minéral, de salinité,...

l'échantillonnage en vue d'une analyse générale destinée à la grande culture et à l'arboriculture fruitière de plein champ, n'est refait que tous les 4 ou 5 ans (3 ans en sol sableux). En zones arides à évolution très lente, il peut même être porté à 8 ou 10 ans.

## Les cas particuliers et les cas spéciaux

Dans les terrains en pente, l'échantillonnage classique n'est pas la meilleure procédure pour élaborer le conseil de fumure. Le potassium par exemple y est réparti de façon dégressive suivant des lignes d'iso-teneurs (d'égales teneurs) perpendiculaires à la pente: plus on remonte la pente, moins il y a de K dans le sol.

Ceci suggère qu'un échantillonnage adéquat doit faire intervenir, soit un prélèvement en bas de pente avec utilisation de modèles pour estimer la valeur de K pour le reste de la parcelle, soit un prélèvement séparé bande par bande de façon perpendiculaire à la pente (bas, milieu, haut).

La procédure classique avec un seul échantillon composite n'est pas non plus adaptée en cas de très grande parcelle hétérogène (50-100 ha), même s'il s'agit d'une même culture. Elle doit être remplacée par plusieurs échantillons composites prélevés par zone homogène de terrain.

Il existe aussi des cas spéciaux de gestion de fertilisants où d'exploitation de sols où des procédures spéciales sont indispensables pour obtenir un échantillonnage efficace. Dans les systèmes arboricoles et maraîchers, souvent les apports de fumier et d'engrais sont effectués par bande le long des lignes de semis ou de plantation. Ce qui, à terme, crée des niveaux de fertilité par bande très contrastés et oblige au moment de l'échantillonnage, pour mieux caractériser la fertilité, de prélever séparément sur la ligne et entre les lignes. L'interprétation peut ensuite en être effectuée en attribuant un coefficient de pondération à chaque bande, à la manière des méthodes de calcul proposées pour les agrumes, ou de traiter chaque bande à part.

En arboriculture équipée en micro-irrigation, l'échantillonnage du sol doit être effectué dans le bulbe en tenant compte du rayon (r) humecté; souvent il arrive de prélever au centre, à mi-distance r/2 et sur la périphérie.

Si dans la parcelle coexistent arboriculture fruitière conduite en goutte à goutte, sous frondaison, et culture annuelle en agriculture pluviale entre lignes, objectivement l'échantillonnage doit être de type double (l'un dans le bulbe pour les arbres et l'autre entre lignes pour la culture annuelle) et pas forcément réalisé au même moment.

Si les plantations sont réalisées sur butte, il est plus raisonnable, du fait des perturbations causées au sol par les engins de terrassement, de n'effectuer l'échantillonnage qu'une fois la butte définitivement stabilisée.



## Conseils pratiques pour la mise en œuvre de l'échantillonnage

L'échantillonnage du sol est une affaire de spécialiste. Sa mise en œuvre sur le terrain ne peut être déléguée sans garanties du respect intégral des consignes complémentaires suivantes:

1. le personnel en charge de l'opération doit être expérimenté, consciencieux et avisé des risques encourus en cas de non respect des consignes (échantillonnage limité à un coin de la parcelle, nombre de prélèvements insuffisant, erreur sur l'étiquetage...). En cas de chantiers d'envergure, un ingénieur superviseur à pied d'œuvre, c'est du gain de temps et surtout en qualité du travail;
2. le matériel de prélèvement (tarière, sape), d'emballage du sol (boîte en carton, sac en plastique), d'étiquetage... doit être propre et garanti "Zéro Risque" de contamination pour l'échantillon. Ne surtout pas expédier le sol au laboratoire dans un sac d'engrais usagé.
3. ne jamais mélanger entre eux, sol et sous sol d'une même parcelle, pour constituer un échantillon composite;
4. en cas de plusieurs horizons, utiliser de préférence des seaux de couleurs différentes; si le prélèvement est réalisé à deux (une personne pour la couche arable et une seconde pour le sous sol), opérer de préférence l'un décalé par rapport à l'autre (d'un trou), et non l'un en compagnie de l'autre;
5. nécessité absolue du respect de la profondeur de prélèvement;
6. la masse de terre prélevée par carotte doit être la même (principe de proportionnalité);
7. éviter de prélever dans des micro-zones particulières pour ne pas biaiser l'analyse (zone marginale, aire de séjour d'animaux, aire de stockage de fumier ou de cendres avant épandage, couche particulière déposée par suite d'érosion ...);
8. en fin de parcelle, veiller à une bonne homogénéisation in situ (5-10 min), de la masse totale de terre recueillie avant d'en prélever le 1 ou 2 kg à envoyer au laboratoire pour analyse;
9. l'étiquette de référence doit être accolée solidement au sac et contenir toutes les informations nécessaires à l'identification de l'échantillon (adresse complète, numéro de la parcelle, type de sol, date, précédent cultural, profondeur de prélèvement);
10. ne jamais mettre une étiquette en carton à l'intérieur du sac si le sol est humide (risque de décomposition);
11. s'il y a des risques qu'une étiquette soit détachée, mettre un numéro d'identification sur le sac à l'aide d'un stylo feutre indélébile;
12. l'échantillon doit être accompagné d'une fiche agronomique complète, conforme au modèle du laboratoire interpréteur, sans oublier d'en garder une copie;
13. veiller au transport des échantillons dans des conditions sans risque de contamination;
14. des conditions spéciales de transport à froid sont exigées pour l'azote si le contrôle doit être fait avec grande précision;
15. pour des impératifs de traçabilité, obligation de citer le nom du préleveur afin de pouvoir consulter ce dernier, en cas de problème quelconque sur l'échantillon.

## Fiche agronomique de renseignements

C'est le système d'interprétation mis en place qui fixe le contenu de la fiche de renseignements à faire parvenir au laboratoire avec l'échantillon. Le modèle varie quelque peu avec les systèmes, quoique le but agronomique commun reste dans tous les cas, de rattacher l'échantillon à son environnement au plan climat, terrain, agriculture pratiquée, ses particularités, ... afin d'obtenir l'interprétation la plus juste possible du résultat d'analyse.

Pour le **logiciel Ibn Alawam système**, dédié à la grande culture, voici le minimum d'informations exigé pour renseigner l'ordinateur afin d'avoir une interprétation correcte de l'analyse:

1. Identification de l'échantillon: pays, région, exploitation, parcelle;
2. Informations sur le milieu: étage climatique et possibilité d'irrigation (aride, semi-aride, Bour dit favorable, irrigué traditionnel, irrigation par pivot), type de terrain et ses caractéristiques (pente, pierrosité, profondeur);
3. Informations sur la culture: précédent cultural (jachère, légumineuses, plantes sarclées, céréales), rendement du précédent, culture envisagée, rendement prévisionnel espéré;
4. Informations sur les mouvements de matière: apports de fumier, de gadoue, lisier, leur qualité générale (bonne, moyenne, mauvaise), appréciation sur le risque de lixiviation NPK et de volatilisation de l'azote (nul, faible, moyen, élevé), devenir des chaumes (brûlés, retournés).

## Modalités d'exploitation des résultats d'échantillonnage

La qualité de cette exploitation est en rapport direct avec la performance atteinte par le système utilisé, elle même fonction de l'état d'avancement des recherches sur la fertilisation (au sens large du terme), d'abord à l'échelon national, puis international. D'une manière générale, en matière de modalités d'exploitation des échantillonnages de sol, la recherche scientifique est très en retard sur le besoin de la pratique, même si les agronomes donnent l'impression d'être globalement satisfaits des méthodes sommaires en vigueur.

Pour l'agronome interpréteur (et aussi l'agronome concepteur), l'une des interrogations pertinentes, une fois devant l'ordinateur, est de savoir si la saisie des deux échantillons prélevés (sol et sous sol) est obligatoire pour l'interprétation, en particulier en présence de culture à enracinement profond évoluant dans un profil où la fertilité des divers horizons est un vrai continuum. Même si on sait que l'horizon de surface est plus important au plan nutrition, mais du fait qu'il faut des chiffres, la question est de savoir quel coefficient de pondération réel doit-on lui attribuer?

Le problème se complique encore davantage lorsqu'on considère un bulbe de fertigation avec compartimentation de type 3 x 3 (3 prélèvements latéraux et 3 en profondeur). Une matrice de 9 coefficients différentiels a besoin alors d'être renseignée.

Au Maroc, faute d'éléments de recherche, voici les procédures conventionnelles proposées pour gérer les échantillonnages:



## Echantillonnages réalisés en terrain à pédogenèse homogène

Pour un terrain homogène de grande culture, seul l'échantillon de surface est exploité pour l'interprétation, le sous sol n'intervient comme appoint que si l'horizon de surface seul, risque de fausser le diagnostic (horizon sableux pauvre reposant sur un horizon sous jacent fertile, susceptible d'intervenir efficacement dans l'alimentation des cultures).

Pour les vergers d'agrumes et de rosacées fruitières, lorsque le prélèvement est fait horizon par horizon, la richesse est en principe pondérée en fonction de l'épaisseur de l'horizon. Mais là le sujet est moins problématique dans la mesure où c'est le résultats de l'analyse de la feuille (réalisée en principe tous les ans), et non l'analyse de sol qui détermine la décision d'engrais.

## Echantillonnages réalisés en terrain à pédogenèse hétérogène

Pour traiter l'échantillonnage d'une grande parcelle hétérogène, la ligne de conduite proposée fait intervenir la possibilité ou non de réaliser un zonage opérationnel, le niveau d'intensification du système de culture et l'intérêt porté à la productivité par rapport aux risques sur l'environnement.

Si les zones échantillonnées sont des zones d'iso teneurs suffisamment grandes pour faire l'objet d'une fertilisation appropriée, celles-ci doivent être traitées comme des sous parcelles. Bien sur, encore faut-il que leur forme géométrique ne soit pas trop biscornue si l'on envisage un épandage mécanique.

Inversement, si l'hétérogénéité se présente en mosaïque, alors l'interprétation doit être nuancée en fonction du compromis recherché entre productivité et risques sur l'environnement:

- calcul aligné sur le minimum observé, si l'agronome interpréteur privilégie la recherche de la productivité maximale au détriment de l'impact sur l'environnement (excès d'engrais avec risque de pollution, en certains points du milieu, sciemment accepté);
- calcul aligné sur des critères de dispersion plus modérés comme la moyenne ou la médiane, si l'agronome interpréteur intègre la notion de risque sur l'environnement ou si on est en présence d'un système extensif peu exigeant, pour cause d'aridité, ne justifiant pas la sur-fertilisation partielle du terrain ■.

Aït Houssa A<sup>1</sup>, Benbella M.<sup>1</sup>, Badraoui M.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Ecole Nationale d'Agriculture de Meknès  
<sup>2</sup>Institut Agronomique et Vétérinaire Hassan II

Les auteurs remercient vivement Mme Rajaa Saida, de la Direction des Domaines Agricoles, pour sa collaboration active lors de la rédaction de cet article.